

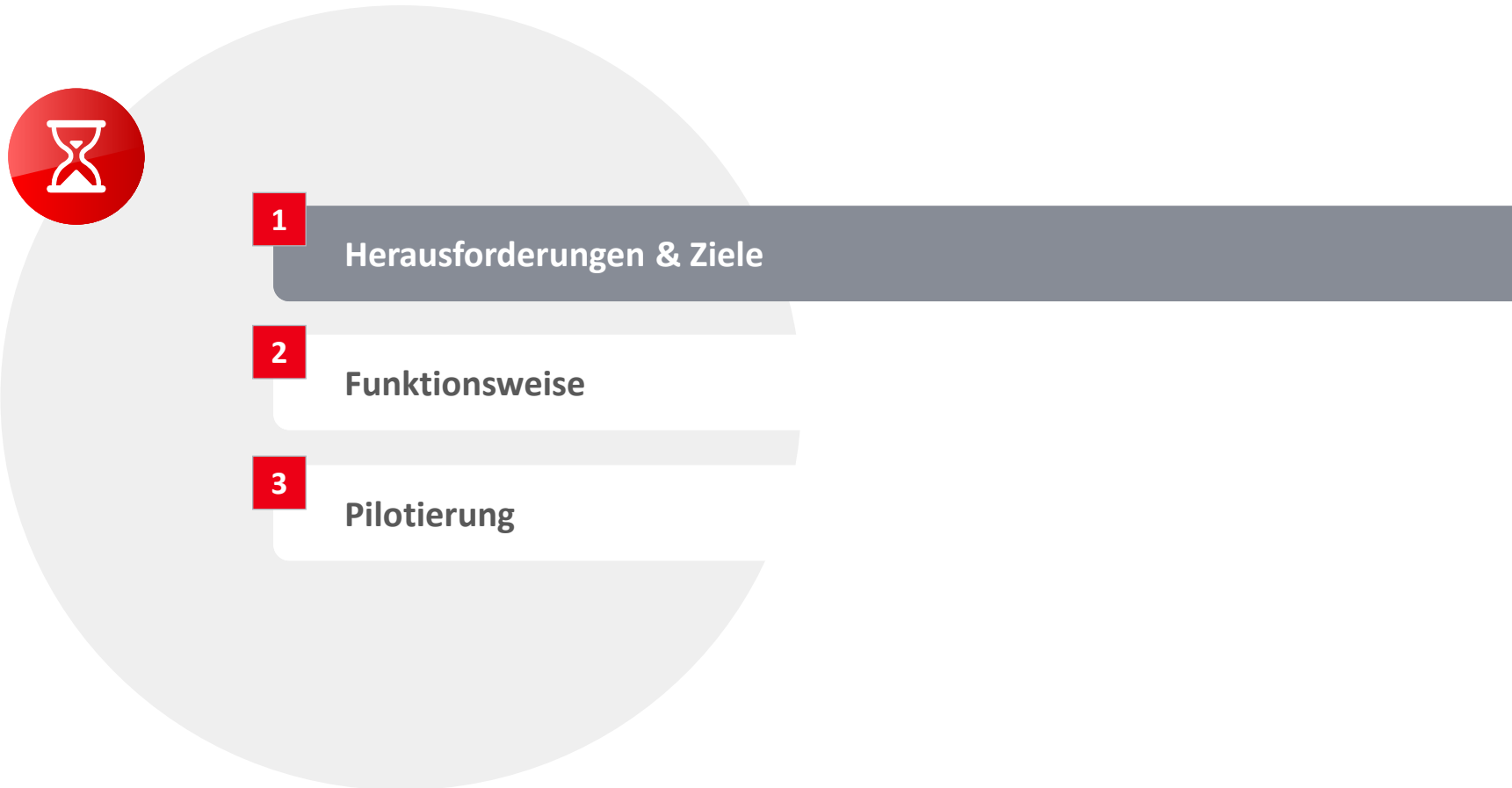


InfraGO

Automatische Dispositionsassistentz ADA-PMB

Mit einem Methodenmix der KI die Pünktlichkeit der Eisenbahn
verbessern

Dr. Hannah Richta, I.IBB 54, Eisenbahntechnologisches Kolloquium, Darmstadt, September 2025



Automatische Dispositionsunterstützung mit ADA-PMB ist relevanter Hebel für Steigerung der Pünktlichkeit

Ausgangssituation & Zielsetzung



Automatische Dispositions-Assistenz auf Basis des Produktionsmodells Betrieb (ADA-PMB)

unterstützt die Disponent:innen in den Betriebszentralen bei der Regeldisposition

AUSGANGSSITUATION

- Die **Verkehrswende** stellt uns vor die Doppelherausforderung, den Schienenverkehr zu intensivieren und gleichzeitig die **Pünktlichkeit** erheblich zu **verbessern**.
- Dazu sind neben dem langfristigen Ausbau und Digitalisierung der Infrastruktur verstärkt auch **kurz- und mittelfristig wirksame Maßnahmen** erforderlich.

ZIELSETZUNG

- ADA-PMB leistet einen relevanten Beitrag
- zur Verbesserung der **Pünktlichkeit bzw. Gesamtplanmäßigkeit**
 - zur Unterstützung der Fachkräftemangelgruppe in der **Disposition**

LÖSUNGSANSATZ

- ADA-PMB generiert **automatisierte Dispositionsempfehlungen** zur Optimierung aller Züge im Betrachtungsraum für eine **folgekonflikt- und diskriminierungsfreie Gesamtlösung**
- KI-Methodenmix mit mathematischer Optimierung im Kern

ADA-PMB unterstützt Disponent:innen durch Generierung von Dispoempfehlungen auf Basis mathematischer Optimierung

Dispositionsempfehlungen in der Pilotierung

Überholung



Verbleibende Zeit für Kommunikation mit FdI

Gleiswechsel



Anonymes Feedback zur weiteren Verbesserung

Kreuzung

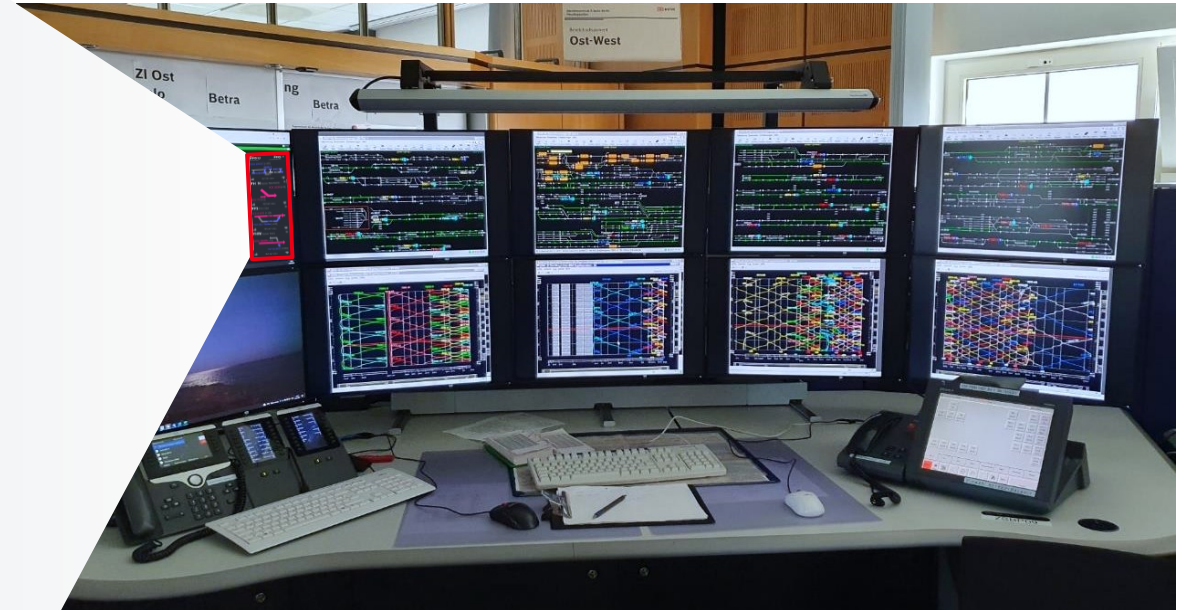


Betriebs-stelle

Einfädelung

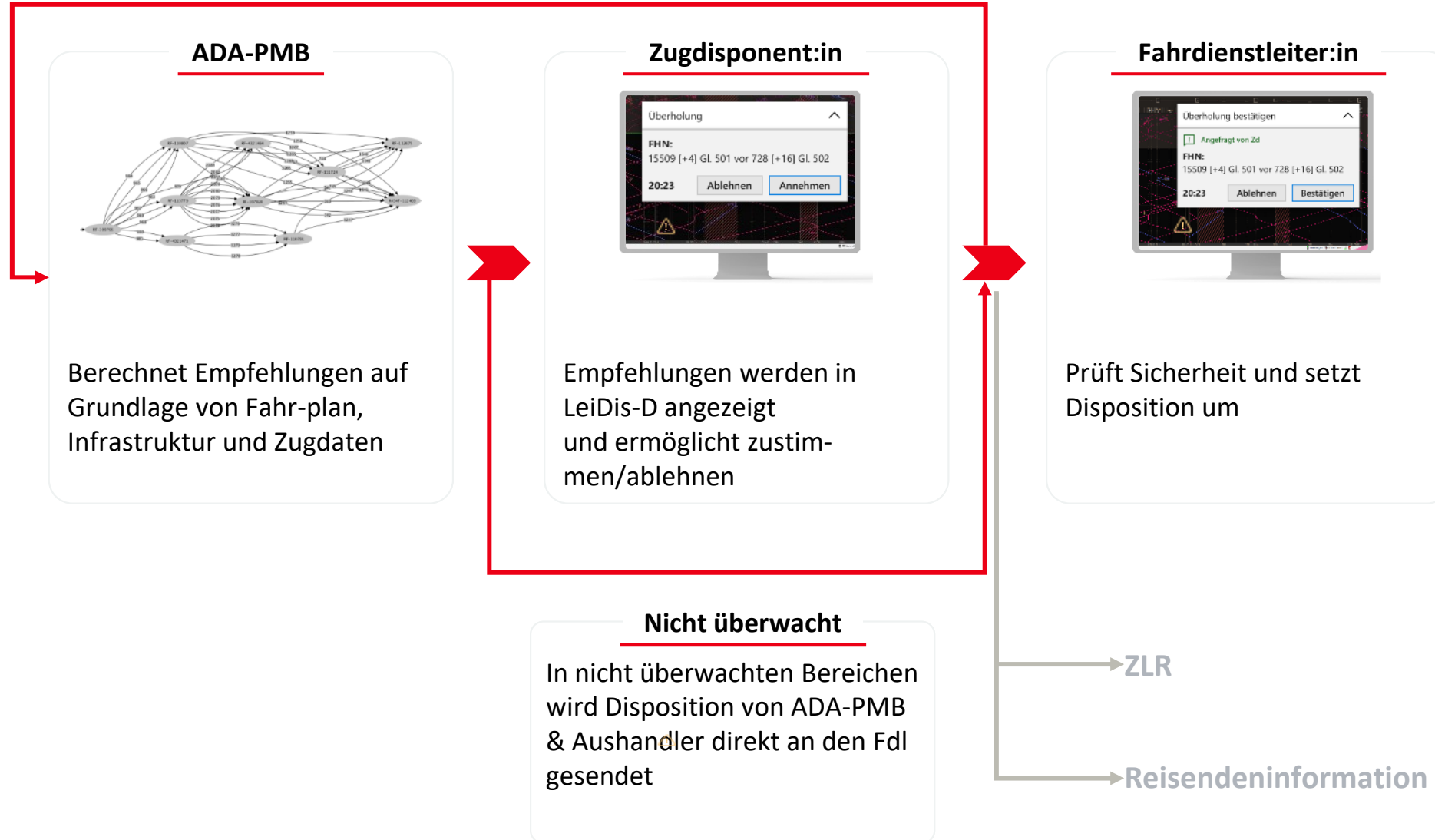


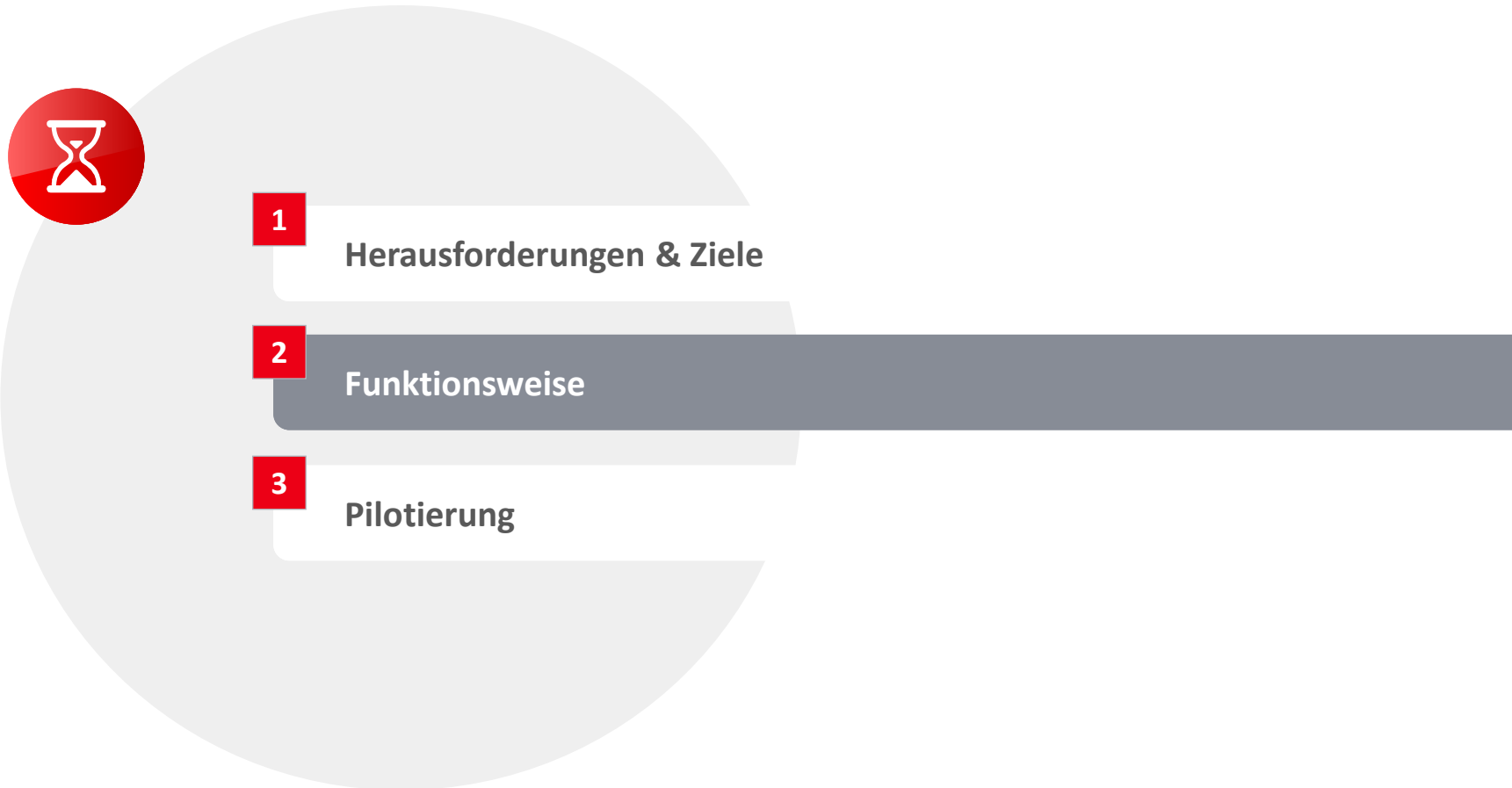
Zug & Verspätung



In der Rolle eines **Co-Piloten** weist **ADA-PMB** auf **Konflikte** hin und bietet einen **Vorschlag** zur **Lösung** an.

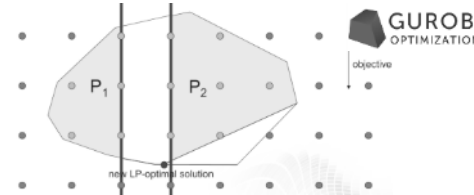
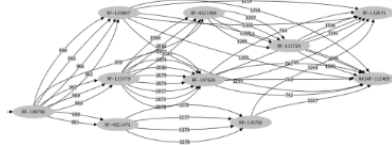
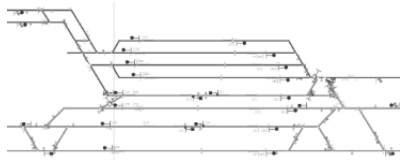
Zielbild ist durchgängige Steuerung und einheitliche Information mit LeiDis-D als betriebliche Datengrundlage





ADA-PMB erstellt aus Daten des Leitsystems mit mathematischer InfraGO Optimierung im Kern und KI-Input Dispositionsempfehlungen

Verarbeitungsablauf zur Erstellung von Dispositionsempfehlungen in ADA-PMB



1

Eingangsdaten

- Originaldaten aus Betriebszentralen
- Infrastruktur-, deren Verfügbarkeitseinschränkungen, Fahrplan- und Zugdaten

2

Präprozess

- Aufstellung des Optimierungsmodells (mathematisches Modell aus Variablen und Ungleichungen)
- Ergänzende Erstellung von Hinweisen zur Beschleunigung der Optimierung mittels Heuristik und Machine-Learning (KI-Methoden-Mix)

3

Optimierer

- Minimierung der Summe der Verspätungen durch gemischt-ganzzahlige Optimierung
- Optimale Lösung im Betrachtungsbereich
- Erfüllt Anforderungen an die Diskriminierungsfreiheit

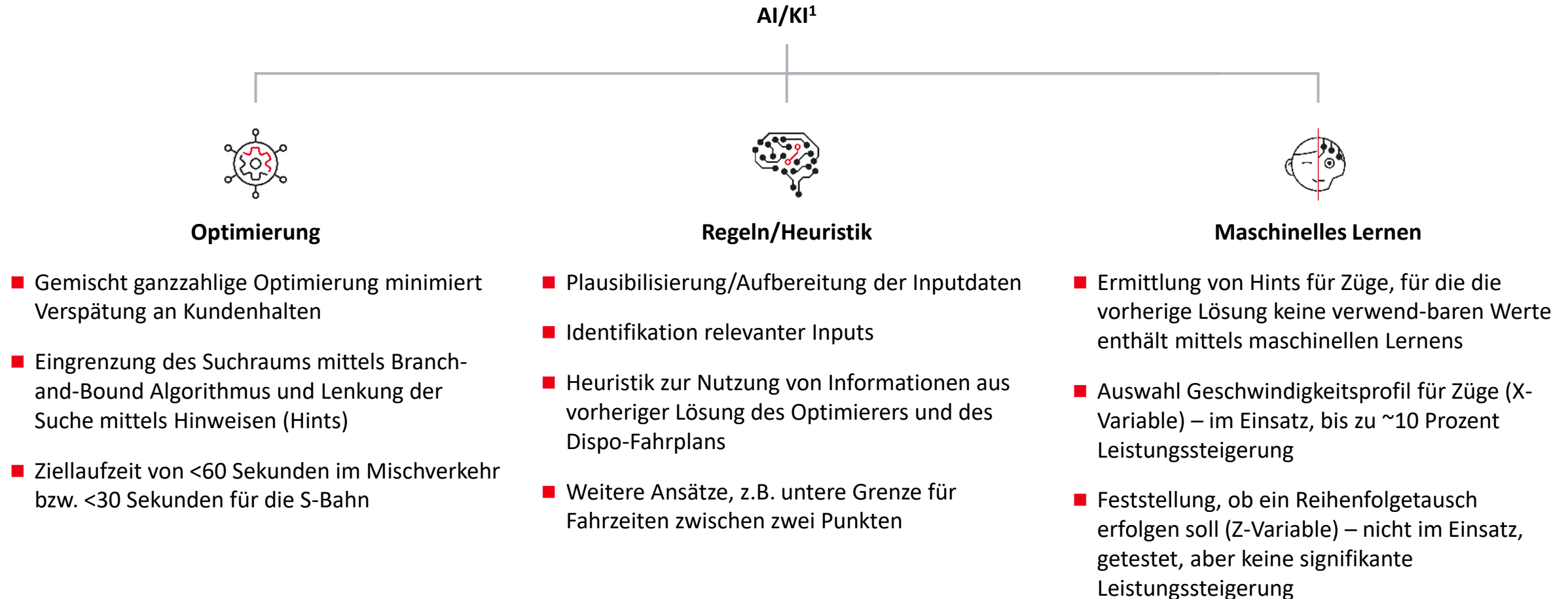
4

Postprozess

- „Übersetzen“ der Lösung in verständliche Dispositionsempfehlungen

ADA-PMB nutzt Mix verschiedener Methoden der KI, um Anforderungen an hinreichend schnelle Optimierung zu erfüllen

KI Methoden-Mix



(1) Vorschlag Gesetz über künstliche Intelligenz (2021/0106/COD), Anhang I: Techniken und Konzepte der künstlichen Intelligenz

Herausforderung: Konsistente Empfehlungen bei Nutzung mehrerer Instanzen – Lösung: Übergabe von Informationen



Ausgangssituation

Ausweitung der Betrachtungsbereiche aufgrund der Rechenzeitrestriktionen zur Aktualität von Dispoempfehlungen **nicht beliebig möglich**

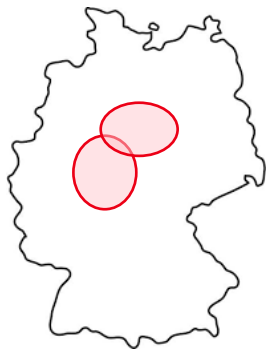


Ziel

Nutzung **mehrerer Instanzen** und dabei Generierung von **widerspruchsfreien Dispositionsempfehlungen** über Betrachtungsraumgrenzen hinweg

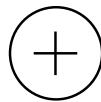


Vorgehen



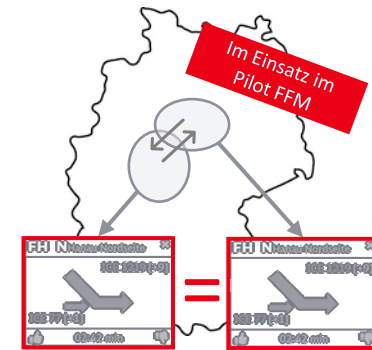
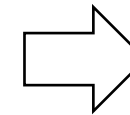
Schneiden

in Betrachtungsbereiche mit akzeptablen Rechenzeiten



Informationsübergabe

zwischen aneinander angrenzenden Betrachtungsbereichen

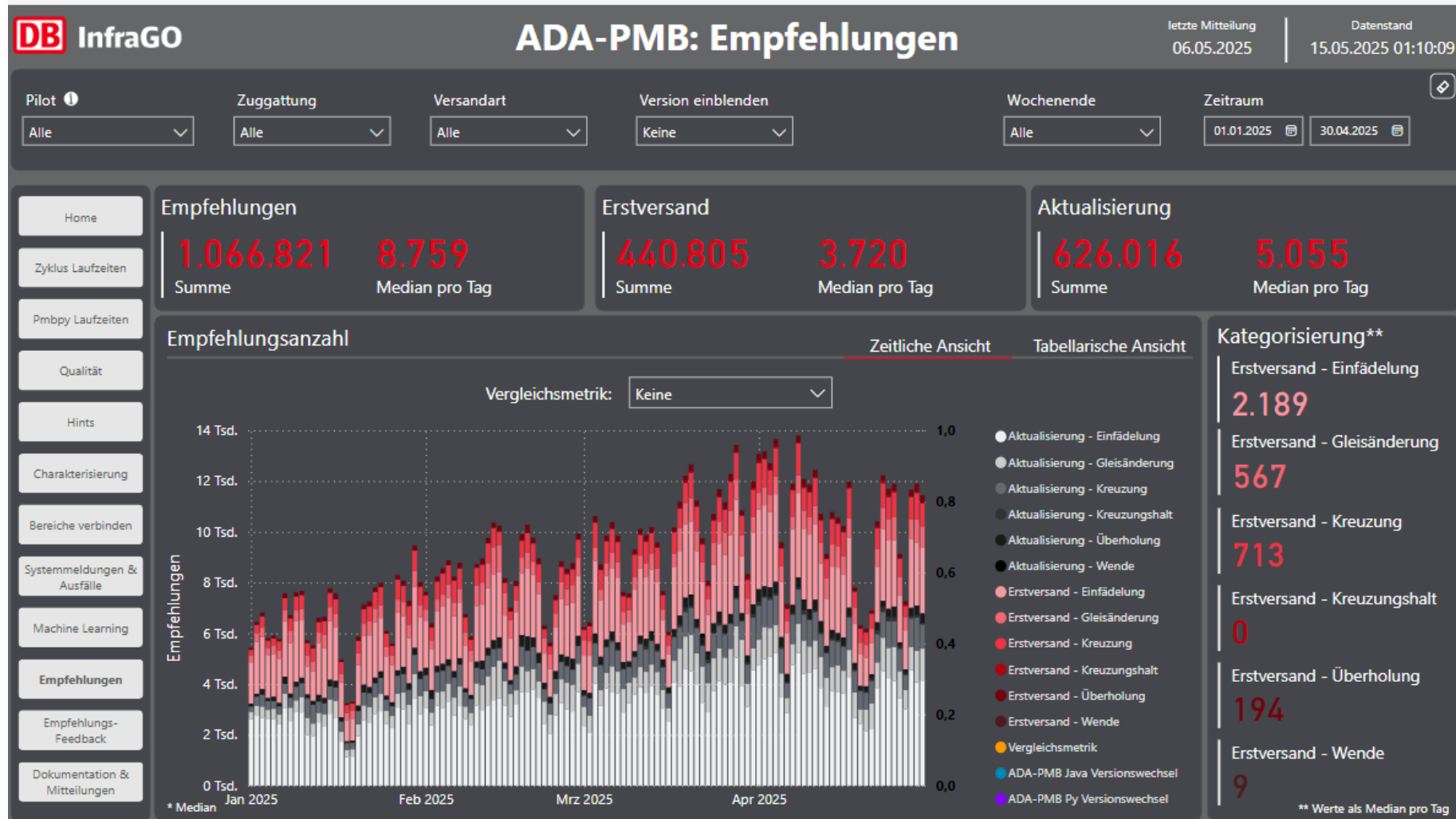


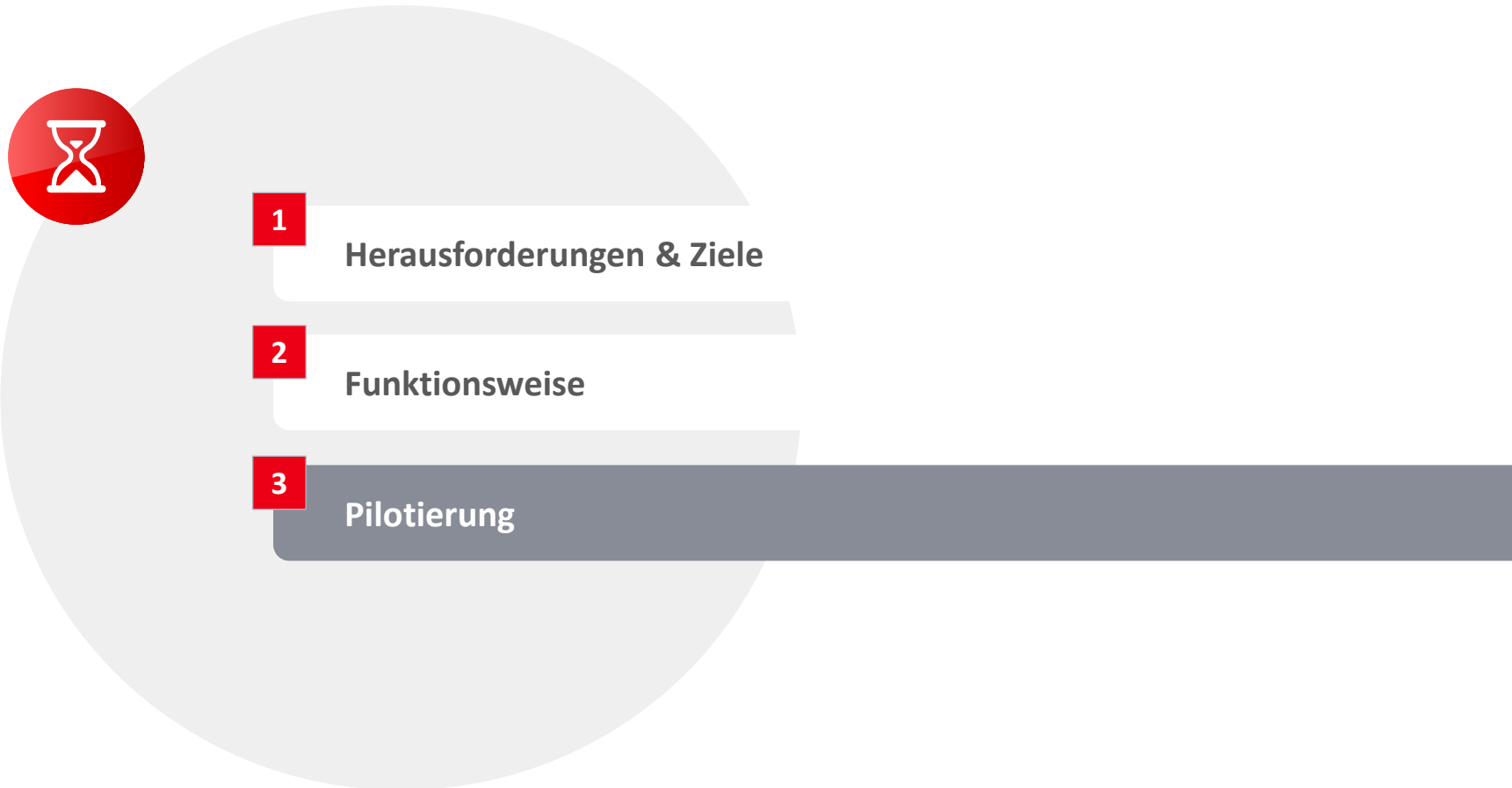
Abgestimmte Dispositionsempfehlungen

über Betrachtungsbereichsgrenzen hinweg

Ein PowerBI Dashboard schafft kontinuierlich Transparenz über ADA-PMB

Dashboard





Erster Pilot von ADA-PMB startete 2020 in BZ S-Bahn Berlin – Relativ einfache Situation mit gleichen Geschwindigkeiten

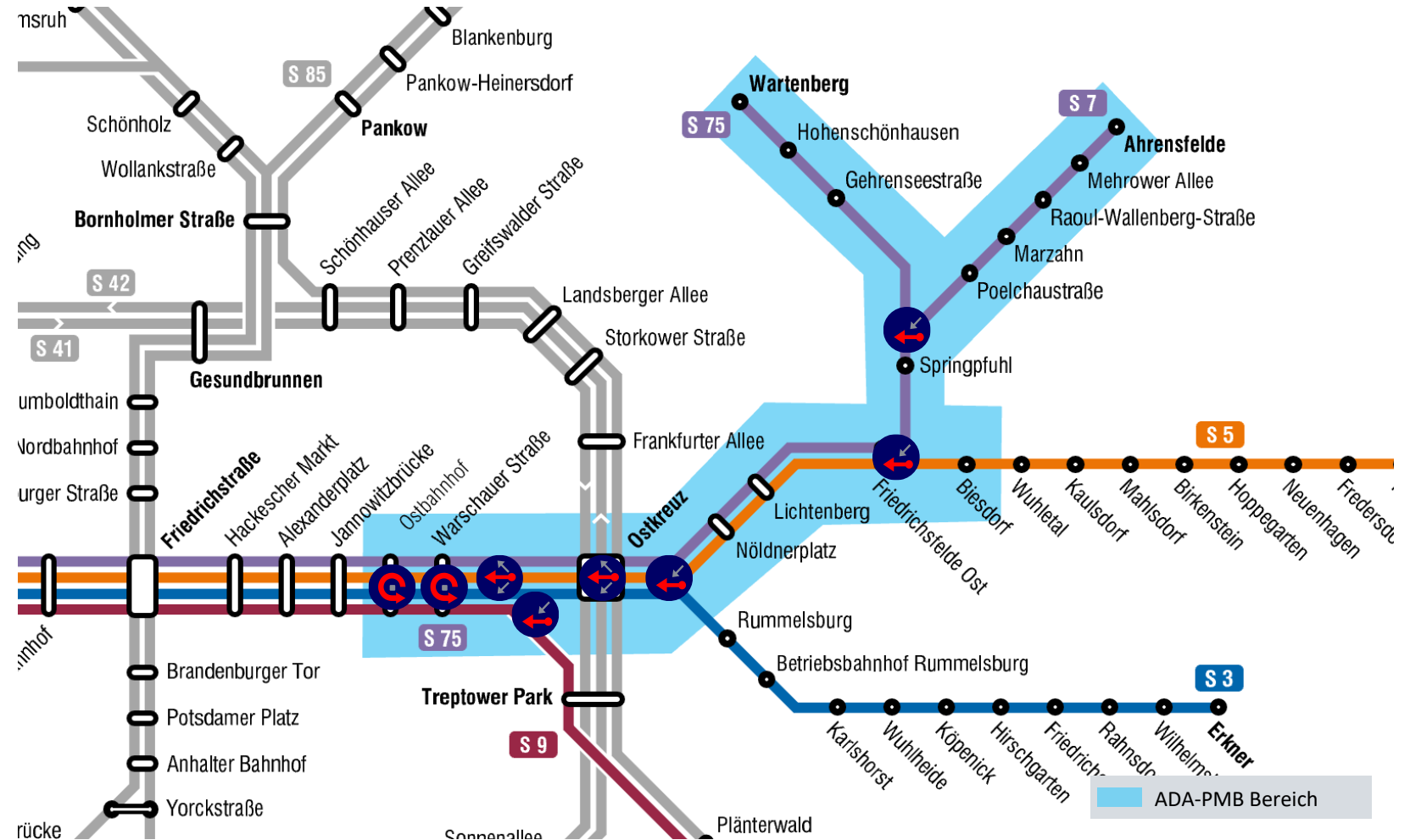
Pilotierung BZ S-Bahn Berlin: Ost-West

Allgemeine Informationen

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen auf Teilen der Dispositionsbereiche Ost-West
- 5 S-Bahn-Linien bzw. ca. 1.170 Zugfahrten pro Tag

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Wendeempfehlungen (Bahnsteiggleis/Kehranlage)



Quelle: Wikipedia

Frankfurt - Hanau als erster Pilot im Mischverkehr im November 2022 gestartet

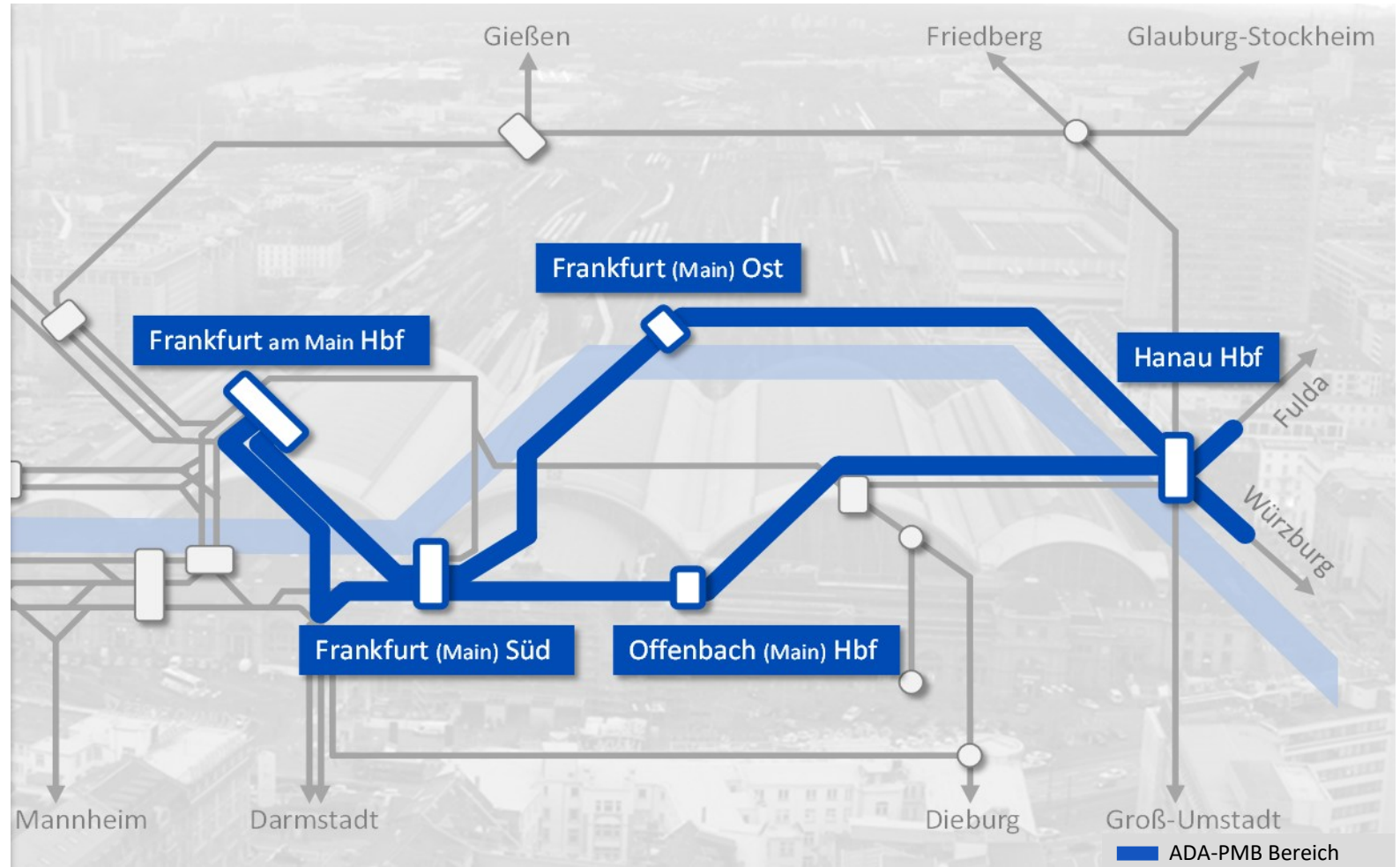
Pilotierung BZ Frankfurt: Frankfurt - Hanau

Allgemeine Informationen

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen zwischen Hanau Hbf und Frankfurt Hbf
- 12 Fernverkehrslinien
- 7 Regionalverkehrslinien
- ca. 500 Zugfahrten pro Tag (inkl. Güterverkehr)

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Überholungsempfehlungen
- Kreuzungsempfehlungen



Quelle: Volker Emersleben

Am 04.04.2023 startete ein weiterer Mischverkehrspilot auf der Strecke Stuttgart - Plochingen

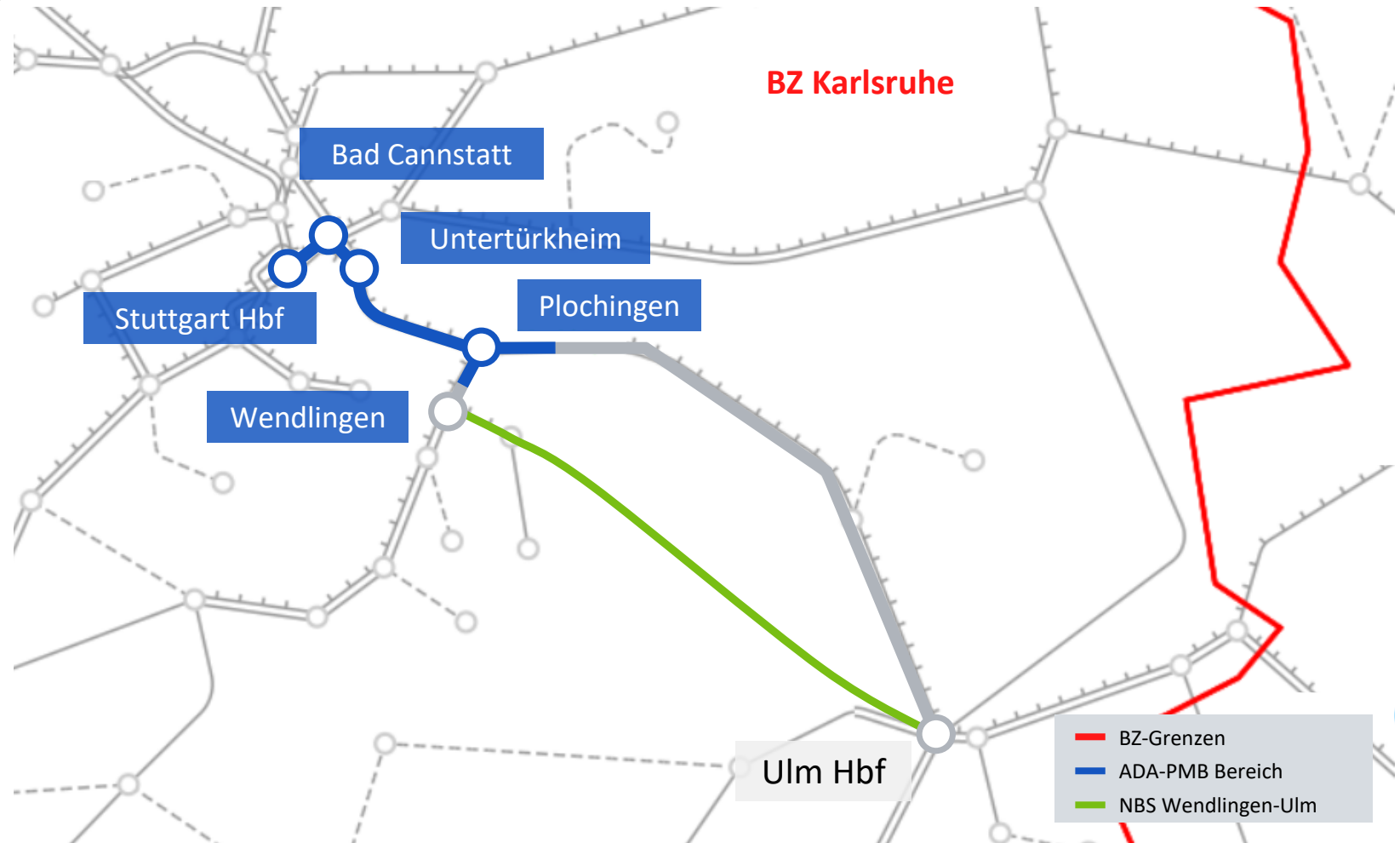
Pilotierung BZ Karlsruhe: Stuttgart - Plochingen

Allgemeine Informationen

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen zwischen Stuttgart und Plochingen
- 7 Fernverkehrslinien
- 10 Regionalverkehrslinien
- Ca. 950 Zugfahrten pro Tag (inkl. Güterverkehr)

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Überholungsempfehlungen
- Kreuzungsempfehlungen



Quelle: DÜK 2024

Betrachtungsbereich in der BZ Frankfurt um Pilot „Zulauf Riedbahn“ im Juli 2023 erweitert

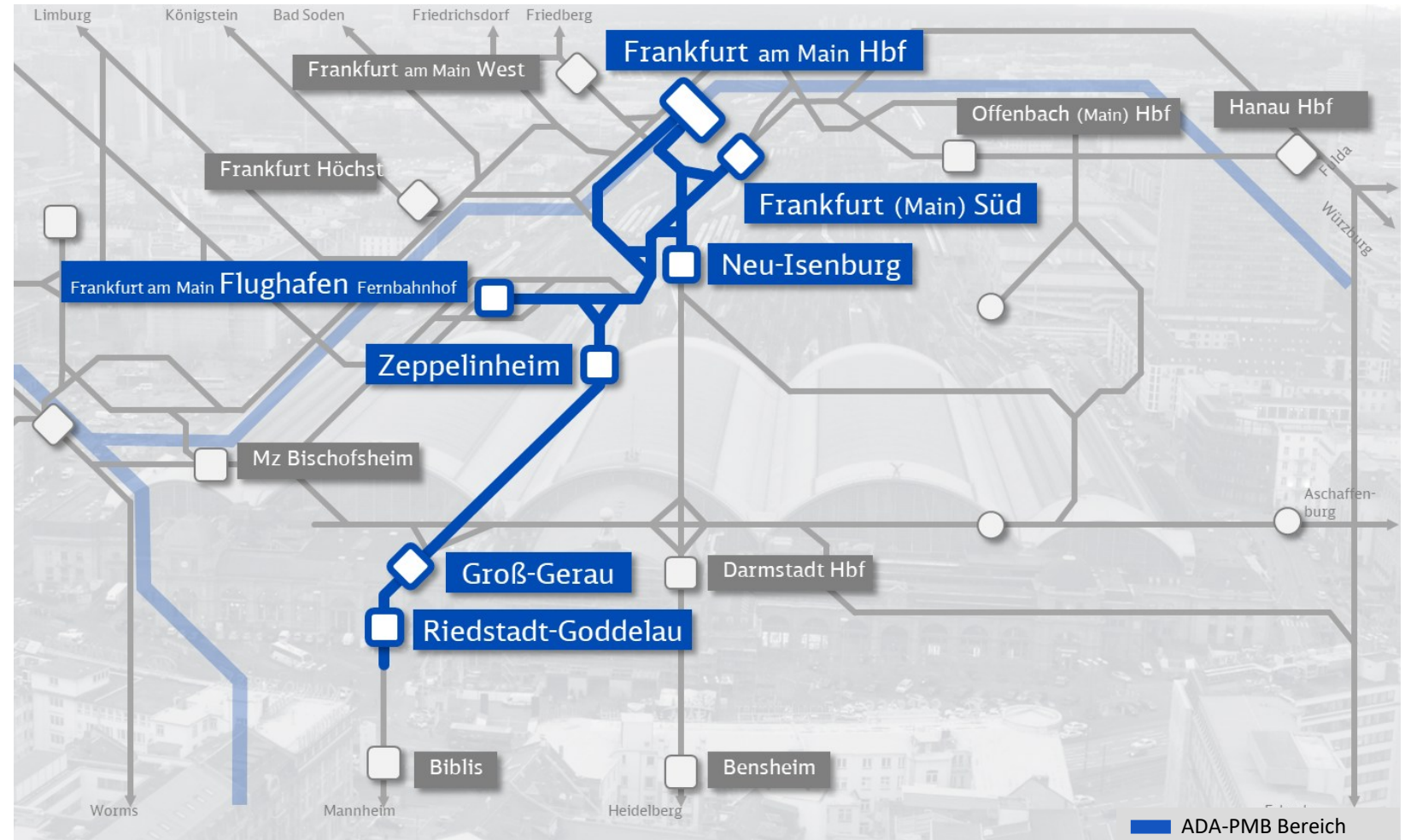
Pilotierung BZ Frankfurt: Erweiterung Zulauf Riedbahn

Allgemeine Informationen

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen zwischen Frankfurt Hbf und Riedstadt-Goddelau
- über 2.200 Zugfahrten pro Tag, davon
 - ca. 400 Fernverkehrszüge
 - ca. 1.650 Nahverkehrszüge

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Überholungsempfehlungen
- Kreuzungsempfehlungen



Quelle: Volker Emersleben

Am 30.10.2023 erfolgte der Pilotstart ADA-PMB für die BZ München auf der S-Bahn-Stammstrecke

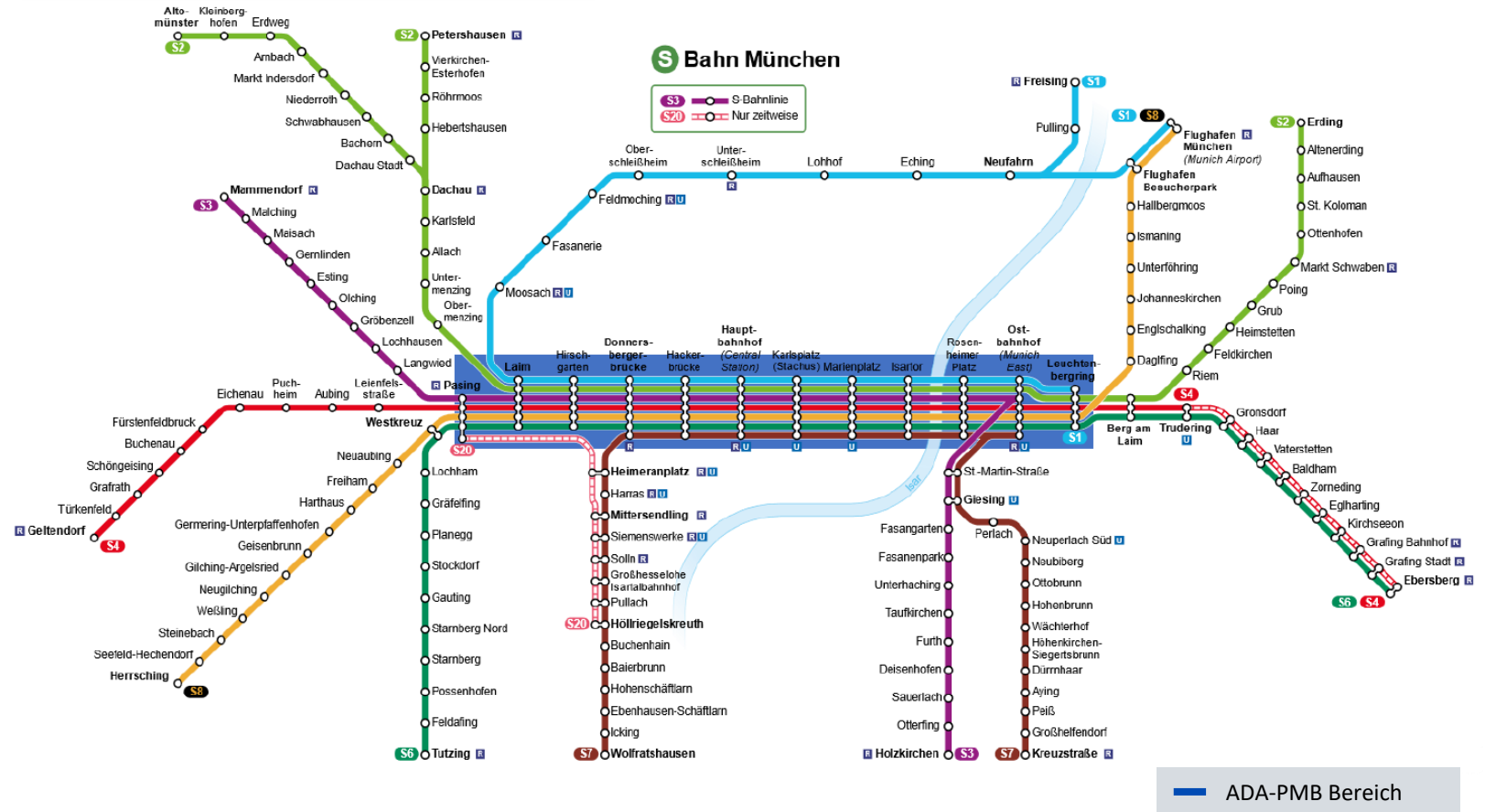
Pilotierung BZ München: S-Bahn-Stammstrecke

Allgemeine Informationen

- Optimierung ohne alternative Wege auf der Stammstrecke (Pasing – Leuchtenbergergring)
- Dispohorizont 30 min
- Zugfahrten: 7 S-Bahn Linien auf der Stammstrecke mit ca. 900 Zügen/Tag

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Kreuzungsempfehlungen



Quelle: Wikipedia

Erweiterung Betrachtungsbereich ADA-PMB für die BZ München um S1- & S4-Ast am 08.02.2024 durchgeführt

Pilotierung BZ München: Erweiterung S1- & S4-Ast

Allgemeine Informationen

- Einrichtung zweite Instanz S1-Ast Freising + S4-Westast Geltendorf mit alternativen Wegen
- Disphorizont 30 min
- Berücksichtigung FlexAbfahrt
- Fdl-Filterung für Dispo-Anzeige-App
- Zugfahrten:
 - Stammstrecke ca. 900 Züge/Tag
 - S1-Ast Freising mit Mischverkehr ca. 220 Züge/Tag
 - S4-Westast Geltendorf mit Mischverkehr ca. 280 Züge/Tag

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Kreuzungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen¹
- Überholungsempfehlungen¹



Quelle: Wikipedia

(1) Empfehlung gilt auf S1- & S4-Ast

Erweiterung ADA-PMB Pilotierung in BZ S-Bahn Berlin um Ostring Anfang Mai 2024 durchgeführt

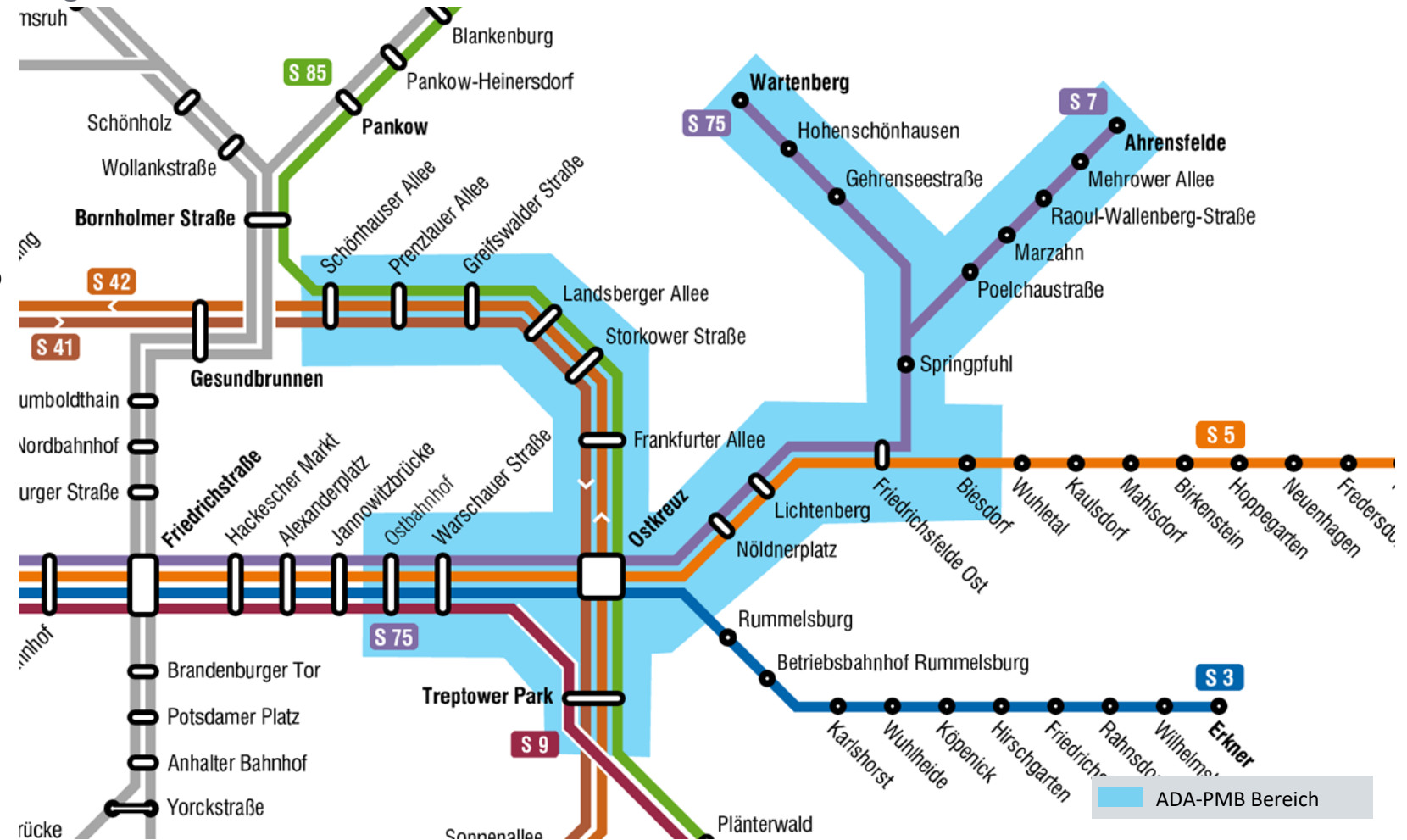
Pilotierung BZ S-Bahn Berlin: Erweiterung Ostring

Allgemeine Informationen

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen auf Teilen der Dispositionsgebiete Ost-West und Ostring
- 9 S-Bahn-Linien, mehr als 1800 Zugfahrten pro Tag

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Wendeempfehlungen (Bahnsteiggleis/Kehranlage)



Quelle: Wikipedia

Pilot Löhne – Bad Bentheim Ende Oktober 2024 gestartet



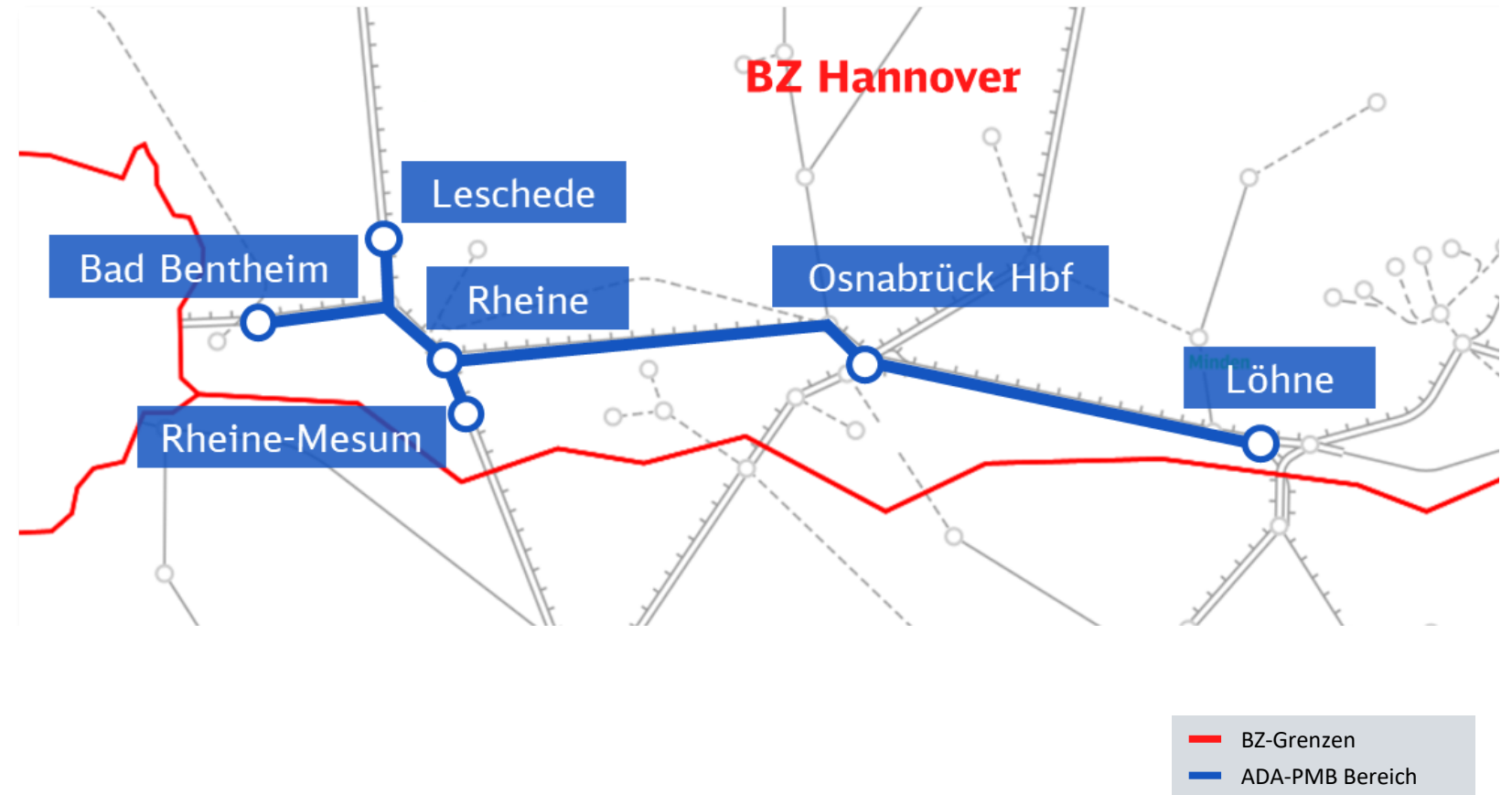
Pilotierung BZ Hannover: Löhne – Bad Bentheim

Allgemeine Informationen

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen zwischen Bad Bentheim und Löhne
- über 760 Zugfahrten pro Tag, davon
 - ca. 120 Fernverkehrszüge
 - ca. 430 Nahverkehrszüge
 - ca. 210 Güterverkehrszüge

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Überholungsempfehlungen
- Kreuzungsempfehlungen



Pilot München – Lindau am 03. März 2025 gestartet und Nutzung in den Stellwerken im Sommer hochgelaufen



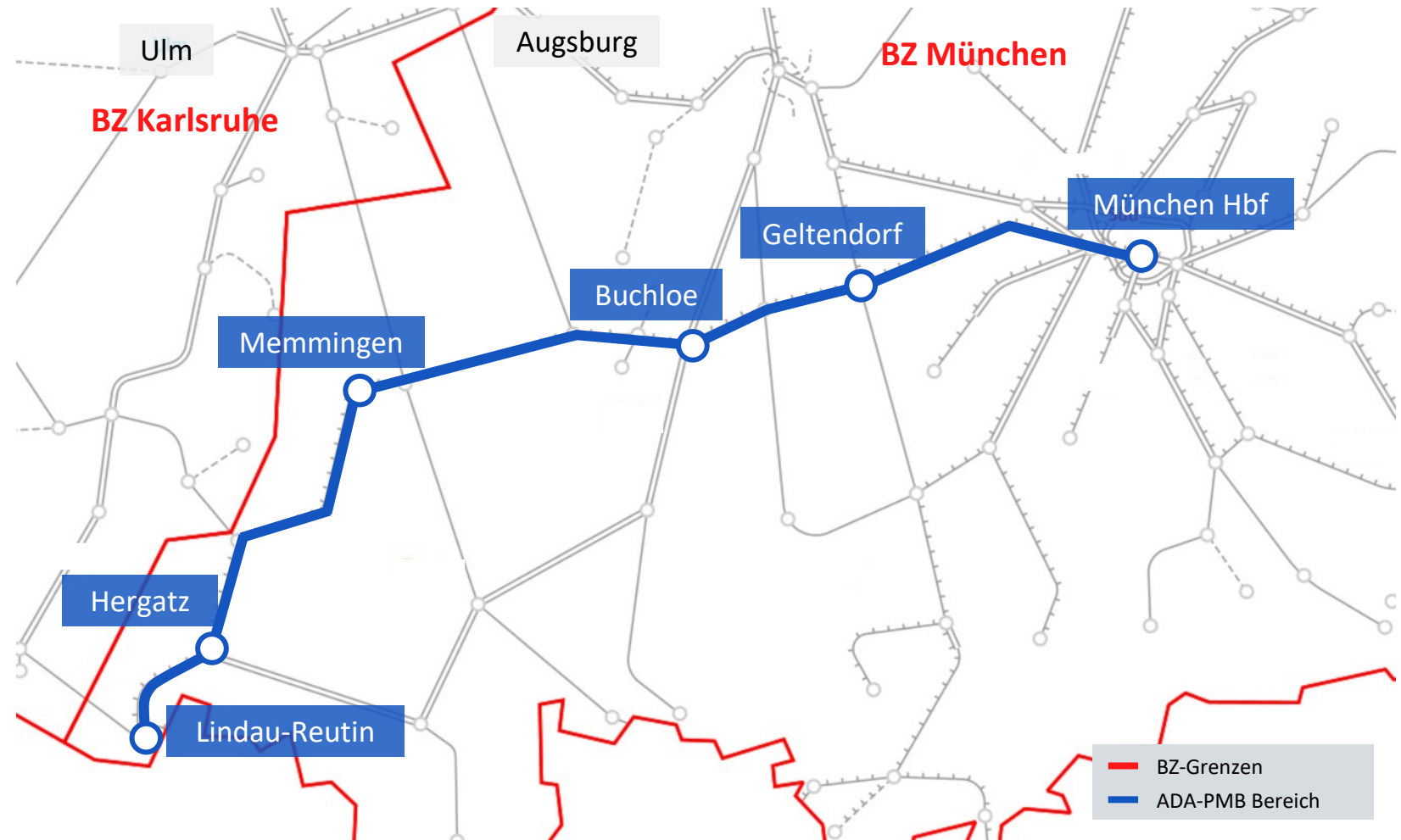
Pilotierung BZ München: München – Lindau

Allgemeine Informationen

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen zwischen München und Lindau
- Erstmals Nutzung von ADA-PMB durch Fahrdienstleiter auf Streckenbereichen ohne Überwachung durch Zugdisponent

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Überholungsempfehlungen
- Kreuzungsempfehlungen
- Kreuzungsverlegung auf eingleisigen Strecken



Die neuentwickelte Kreuzungshaltempfehlung



Pilot Kinzigtalbahn am 19. Mai 2025 planmäßig gestartet



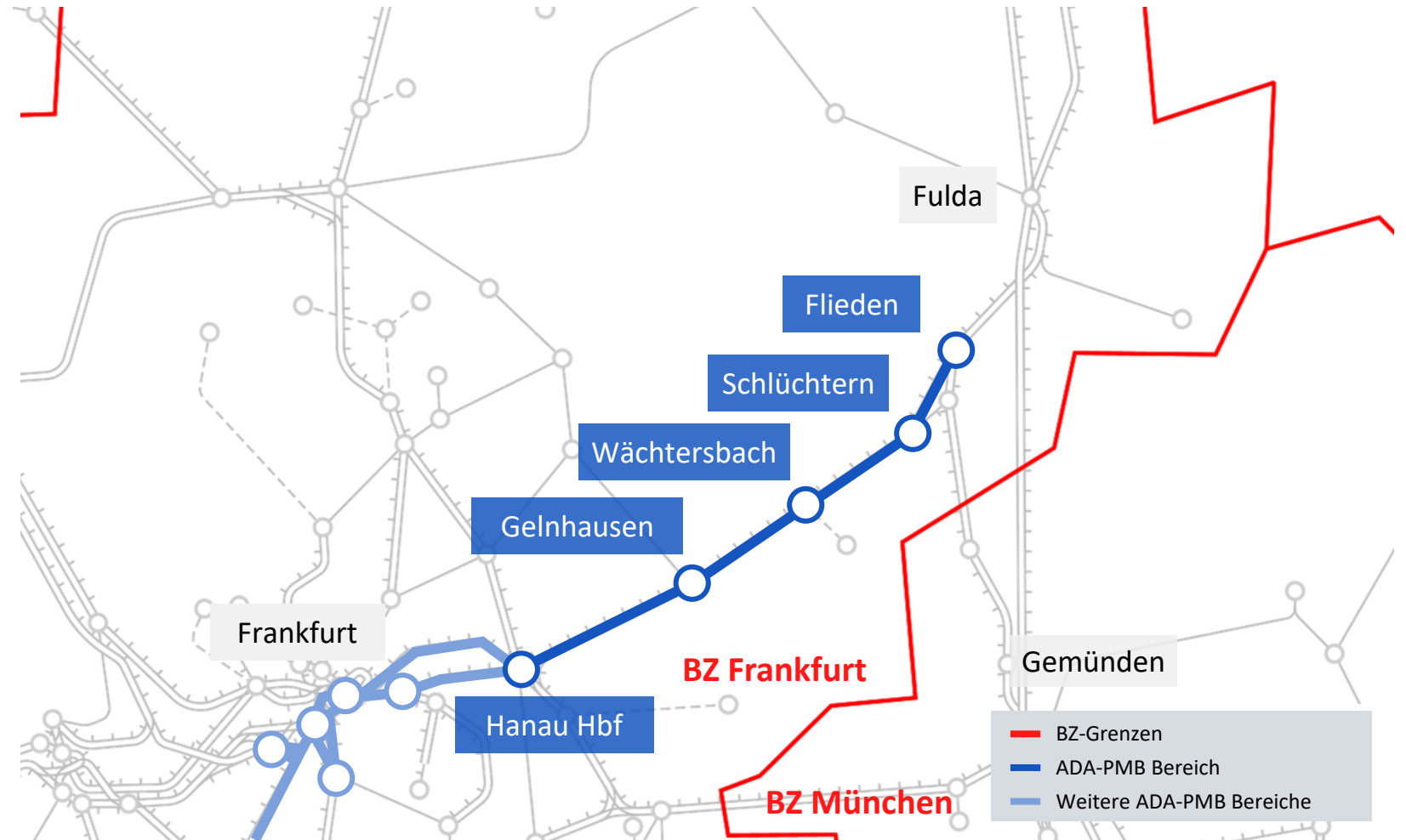
Pilotierung BZ Frankfurt: Kinzigtalbahn

Allgemeine Informationen

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen zwischen Hanau und Flieden
- 12 Fernverkehrslinien
- 7 Regionalverkehrslinien
- ca. 500 Zugfahrten pro Tag (inkl. Güterverkehr)

Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Überholungsempfehlungen
- Kreuzungsempfehlungen



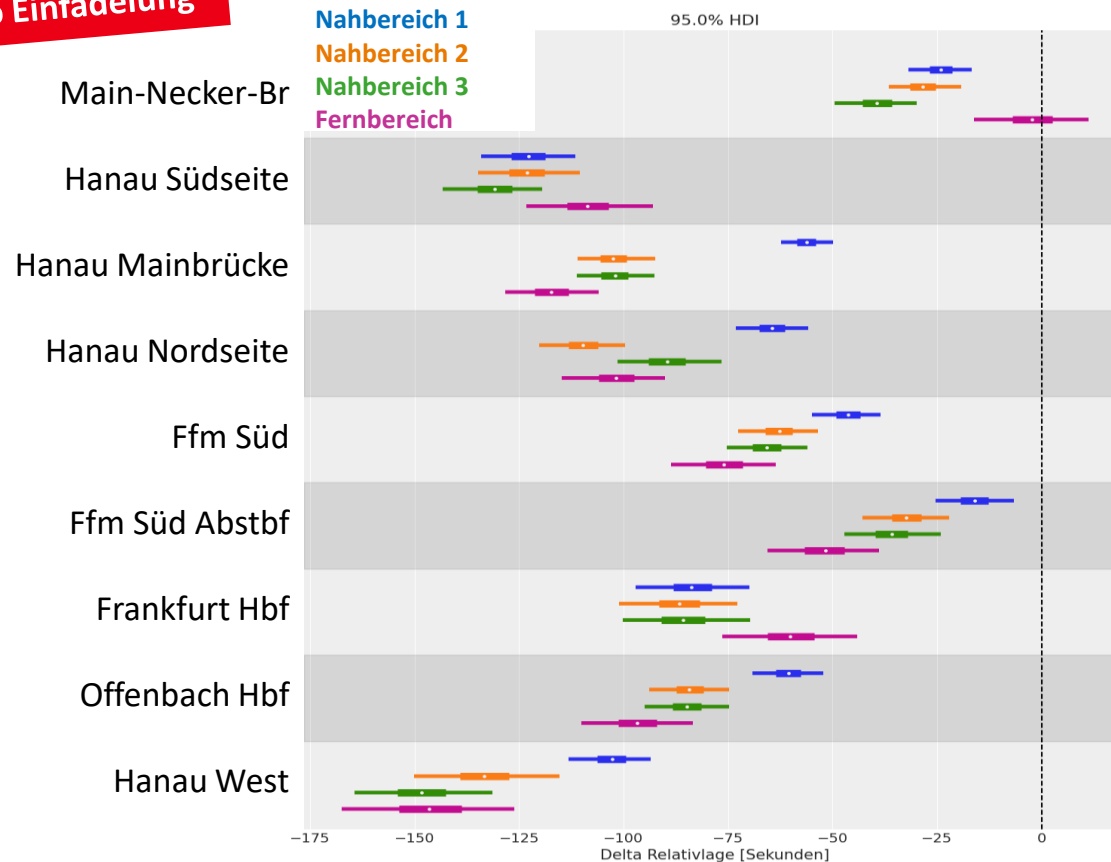
Quelle: DÜK 2024

Wenn Züge so fahren wie von ADA-PMB vorgeschlagen, Verbesserung der Relativlage um durchschnittl. ~100 Sekunden

Wirkungsmessung

Ø 100 Sekunden
pro Einfädelung

Ø Veränderung Relativlage




Untersuchung einzelner Betriebsstellen

- Untersuchung anhand von **Einfädelungsempfehlungen** durch das Engpassmanagement **Knoten Frankfurt**
- 7.183 Mal Empfehlung gefolgt versus 3.048 Mal Empfehlung nicht gefolgt, d.h. in **~70 Prozent** der Fälle werden ADA-PMB **Empfehlungen umgesetzt**
- **Statistische Ermittlung** der geschätzten mittleren **Veränderung der Relativlage** an den einzelnen Betriebsstellen

Resultate

- **Verbesserung** der Relativlage um durchschnittlich **100 Sekunden**
- Starke Streuung der Wirkung, Hanau West weist größten positiven Effekt auf
- Frankfurt Hbf und Hanau Nordseite zeigen schwachen Effekt – Beurteilung bei Fahrtbeginn & Fahrtende



ADA-PMB generates dispatching recommendations to support our dispatchers and to ease their stressful daily work routine.

Vielen Dank!

Fragen?

Dr. Hannah Richta

Leiterin Algorithmik Betrieb, I.IBB 54
ADA-PMB

hannah.richta@deutschebahn.com

Adam-Riese-Str. 11-13
60327 Frankfurt a. Main



